

UP

2000-05-11

TI

System for producing fluid flow with specifiabile volume or  
mass flow amount

PN

DE19824098-A1

---

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 24 098 A 1**

⑲ Aktenzeichen: 198 24 098.8  
⑳ Anmeldetag: 29. 5. 98  
㉑ Offenlegungstag: 16. 12. 99

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 F 25/00**  
G 01 F 1/44  
G 01 F 1/68  
F 04 B 49/00  
G 01 F 1/76

DE 198 24 098 A 1

⑦① Anmelder:  
Ehrler, Alois, 70597 Stuttgart, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder  
  
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 196 15 857 C1  
DE 38 37 232 C2  
GB 21 46 781 A  
US 53 07 667  
US 52 99 447  
EP 02 08 045 A2

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung zur Erzeugung eines störungsfreien Luftmengenstroms

⑤⑦ Eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Fluidstroms mit einem vorgebbaren Mengenstrom zum Untersuchen eines Prüflings weist eine Pumpe auf, mit deren Hilfe in einer Düse eine kritische Luftströmung erzeugt werden kann. Auf der von der Pumpe abliegenden Seite der Düse verzweigt sich der Fluidstrom in einen Strom durch den Prüfling und einen weiteren Strom durch eine verstellbare Bypasseinrichtung, die eine Fluidmengenmeßeinrichtung enthält.

DE 198 24 098 A 1

In der modernen Technik gibt es eine ganze Reihe von Prozessen, bei denen genau definierte Fluidmengenströme, beispielsweise Gasströme, verwendet werden. Diese genaue Einstellung der Gasströme geschieht entweder durch Verwendung entsprechender Stelleinrichtungen oder durch Verwendung von exakt kalibrierten Stromventilen. Ein Beispiel für die Anwendung genauer Strommengenmeßgeräte sind beispielsweise die Luftmengenmesser, wie sie in modernen Kraftfahrzeugen verwendet werden, um das exakte stöchiometrische Verhältnis von Luft zu Kraftstoff einzustellen, damit keine unnötigen Schadstoffe ausgestoßen werden.

In allen Fällen ist es für den Hersteller erforderlich, die von ihm produzierten Luftmengenmesser oder die Stromventile exakt zu kalibrieren, damit die Fehler, also entweder der Meßfehler bei den Geräten der ersten Art oder der Dosierungsfehler bei den Vorrichtungen der zweiten Art so klein wie möglich gehalten werden.

Bei der Kalibrierung von Fluidmeßgeräten oder Stromventilen treten nicht unbeachtliche technische Probleme auf, die von dem Kalibriergerät selbst herrühren, mit dem beispielsweise definierte Fluidmengenströme erzeugt werden sollen. Diese Schwierigkeiten nehmen wegen der Forderung zu, nicht nur eine Fluidstrommenge, sondern einen ganzen Bereich von Fluidstrommengen, bereitstellen zu müssen. Für gewöhnlich müssen beispielsweise Luftmengenmeßfühler an mehreren Punkten ihres Arbeitsbereichs kalibriert werden.

Eine Vorrichtung, um gezielt einen bestimmten Luftmengenstrom zu erzeugen, ist aus der DE-C-196 15 857 bekannt. Bei dieser Anordnung arbeitet eine Saugpumpe an einem Luftsammler, der über mehrere kalibrierte Düsen mit einem Luftverteiler verbunden ist. An der Saugseite des Luftverteilers ist der Prüfling angeschlossen. Die Düsen sind einzeln absperierbar und haben den Vorteil, dass sie einen exakt definierten Luftmengenstrom erzeugen, wenn sie im kritischen Bereich betrieben werden. Allerdings ist mit dieser Anordnung nur eine gestufte Einstellung des Luftmengenstroms für den Prüfling möglich. Um eine kontinuierliche Einstellung zu erhalten, liegt parallel zu den Düsen eine weitere Verbindungsleitung zwischen dem Sammler und dem Verteiler, die einen Mengenmesser in Gestalt eines Laminarflow-Elements enthält. Zwischen dem Laminarflow-Element und dem Sammler enthält diese Leitung eine Leckluftleitung, die zur Atmosphäre hin führt und mehr oder weniger gedrosselt werden kann.

Da die Pumpe aufgrund ihrer Bauart Schwingungen im Luftstrom erzeugt, die sich entgegen der Strömungsrichtung ausbreiten, gelangen diese Schwankungen als Schwingungen zum Prüfling und beeinträchtigen dort die Messgenauigkeit. Zwar sind die Düsen in der Lage, die Ausbreitung dieser akustischen Störungen zu unterdrücken, doch gelangen sie über die regelbare Bypassleitung zum Prüfling. Dabei ist der Anteil, der durch die Schwingung hervorgerufen wird, dann besonders hoch, wenn bei sehr geringen Luftmengen gemessen wird, bei denen sämtliche Düsen abgesperrt sind.

Aufgabe der Erfindung ist es deswegen, eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Fluidstroms mit einem vorgebbaren Mengenstrom zu schaffen, die bei vergleichsweise geringem apparativen Aufwand eine sehr genaue Bemessung des Mengenstroms gewährleistet und bei der der Prüfling weitgehend frei von Schwingungen im Fluid bleibt, die von der Pumpe hervorgerufen werden.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 20 gelöst.

Bei einem Ausführungsbeispiel der neuen Vorrichtung befinden sich in der Strömungsverbindung zwischen der Pumpe und dem Prüfling ausschließlich unverstellbare Stromventile, die in der Lage sind, recht gut den Prüfling akustisch von der Pumpe zu entkoppeln. Die stufenlose Verstellung des durch den Prüfling fließenden Fluidstroms geschieht durch eine Bypass- oder Leckluftleitung, die zu dem Prüfling parallelgeschaltet ist. Damit wird erreicht, dass gerade bei niedrigen Fluidmengen für den Prüfling ein mengenmäßig sehr großer Fluidanteil über die Leckleitung zu- oder abströmt, je nach Arbeitsrichtung der Pumpe. Wenn diese Leckleitung vollständig verschlossen ist, muss die gesamte Fluidmenge, die durch das unverstellbare Stromventil dem System eingeprägt wird, über den Prüfling strömen. Je nachdem, wie stark, ausgehend von dieser Stellung, die Leck- oder Bypasseinrichtung geöffnet wird, vermindert sich der Fluidstrom durch den Prüfling.

Insbesondere dann, wenn für das unverstellbare Stromventil eine Einrichtung verwendet wird, die eine kritische Strömung ermöglicht, ist die Pumpe von dem Prüfling akustisch vollständig entkoppelt, und zwar unabhängig von der Einstellung der Bypass- bzw. Leckeinrichtung. Auf diese Weise ist eine störungsfreie Messung auch bei sehr kleinen Fluidmengen durch den Prüfling möglich.

Besonders einfach wird die Vorrichtung, wenn das Fluid Luft ist und sowohl der Prüfling als auch die Bypass- bzw. Leckeinrichtung zur freien Atmosphäre hin führen.

Je nachdem, wie groß der Hub in der Leck- oder Bypasseinrichtung ist, die das verstellbare Stromventil enthält, ist es zweckmäßig, zwischen die Pumpe und der Fluidverzweigungseinrichtung noch weitere, wahlweise abschaltbare Stromventile einzufügen, die jeweils unverstellbar sind.

Die neue Anordnung gestattet es, auf einfache Weise zumindest an einer Stelle das verstellbare Stromventil in der Bypasseinrichtung zu kalibrieren. Hierzu genügt es, den Anschluss für den Prüfling abzusperren, womit dann die gesamte Fluidmenge durch das verstellbare Stromventil strömen muss. Da aufgrund des unverstellbaren Stromventils diese Fluidmenge eingeprägt wird, kann das verstellbare Stromventil bzw. die dort vorhandene Fluidmengenmeßeinrichtung kalibriert werden.

Wenn zwischen der Pumpe und der Fluidverteilereinrichtung wenigstens zwei unverstellbare Stromventile enthalten sind, lassen sich gegebenenfalls sogar drei Arbeitspunkte der Fluidmengenmeßeinrichtung in der Bypasseinrichtung kalibrieren, einfach indem diese unverstellbaren Stromventile abwechselnd eingeschaltet werden bzw. gleichzeitig eingeschaltet werden.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel sitzt zwischen dem Prüfling und der Pumpe ein verstellbares Stromventil, das in einem Betriebsbereich einen Betriebszustand mit kritischer Strömung ermöglicht. Damit kann der Prüfling entsprechend dem Betriebsbereich mit kritischer Strömung definiert mit einer entsprechenden Fluidmenge beaufschlagt werden.

Wenn der Verstellhub des verstellbaren, mit kritischer Strömung arbeitenden Stromventils nicht ausreicht, kann zwischen dem verstellbaren kritisch arbeitenden Stromventil und dem Prüfling eine Fluidverteilereinrichtung angeordnet sein, an die zusätzlich eine Leck- oder Bypasseinrichtung in Gestalt eines weiteren verstellbaren Stromventils angeschlossen ist. Dieses weitere Stromventil braucht nicht im kritischen Bereich zu arbeiten und dient als Bypasseinrichtung zum Prüfling, damit ein Teil der von dem kritisch arbeitenden Stromventil des eingeprägten Fluidstroms an dem Prüfling vorbeigeleitet werden kann. Durch diese Maßnahme ist der Betriebsbereich nach unten in Richtung kleinerer Fluidmengen für den Prüfling erweiterbar.

Wenn es darum geht, den Betriebsbereich nach oben in Richtung auf größere Fluidmengen zu ergänzen, besteht die Möglichkeit, ein weiteres kritisch arbeitendes Stromventil zu dem verstellbaren kritisch arbeitenden Stromventil wahlweise parallelzuschalten.

Im übrigen sind Weiterbildungen der Erfindung Gegenstand von Unteransprüchen.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele des Gegenstandes der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

**Fig. 1** eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Fluidstroms für einen Prüfling, in einer schematischen teilweise aufgebrochenen Darstellung unter Verwendung von unverstellbaren kritisch arbeitenden Stromventilen.

**Fig. 2** das elektrische Ersatzschaltbild für die Anordnung nach **Fig. 1** und

**Fig. 3** eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Fluidstroms unter Verwendung eines verstellbaren kritisch arbeitenden Stromventils, in schematischer Darstellung ähnlich **Fig. 1**.

**Fig. 1** zeigt in einer teilweise aufgebrochenen Darstellung eine Einrichtung **1** zur Erzeugung eines definierten Luftmengenstroms zum Untersuchen des Verhaltens eines Prüflings **2**. Zu der Einrichtung **1** gehören als Hauptbestandteile eine Fluidverteilereinrichtung **3**, eine Bypassanordnung **4** sowie eine Pumpe **5**.

Die Fluidverteilereinrichtung **3** weist einen ersten Anschluss **6** auf, der über ein Rohr **7** mit dem Prüfling **2** verbunden ist. Dessen Einlass-Seite steht über ein weiteres kurzes Rohrstück **8** mit einem Luftfilter **9** strömungsmäßig in Verbindung.

Die Bypasseinrichtung **4** ist an einen zweiten Anschluss **11** der Fluidverteilereinrichtung **3** angeschlossen. Drei weitere Anschlüsse **12a**, **12b** und **12c** stehen mit unverstellbaren Stromventilen **13a**, **13b** und **13c** strömungsmäßig in Verbindung.

Im Einzelnen sieht der Aufbau wie folgt aus: Ein Einlaufrichter **14** ist über ein Rohr **15** mit dem Anschluss **11** verbunden. Dem Einlaufrichter **14** ist gegebenenfalls ein nicht dargestelltes Filter vor- oder nachgeschaltet.

Vor dem Anschluss **11** ist in dem Rohr **15** ein Absperr- und Drosselventil **16** angeordnet, das als verstellbares Stromventil dient. Das Absperr- und Drosselventil **16** weist eine in dem Rohr **15** gelagerte Drehachse **17** auf, an der eine Drosselklappe **18** befestigt ist.

Auf der dem Einlaufrichter **14** zugekehrten Seite des Absperr- und Drosselventils **16** befindet sich eine Luftmengenmessereinrichtung **19**. Zu dieser gehört ein Differenzdrucksensor, von dem lediglich seine beiden Sensoranschlüsse **20** und **21** gezeigt sind, die in das Rohr **15** hinein ragen. Über die beiden Sensoranschlüsse **20**, **21** erfasst der Differenzdrucksensor den Druckabfall an einem Laminarflow-Element **22** und wandelt das Differenzdruck-Signal in ein proportionales elektrisches Signal um, das in einer schematisch angedeuteten Steuer- und Messeinrichtung **23** weiter verarbeitet wird, wie sich dies aus der unten stehenden Funktionsbeschreibung ergibt.

Aus dem Druckabfall über das Laminarflow-Element **22** wird in bekannter Weise der Luftdurchsatz (Menge und/oder Volumen) in dem Rohr **15** bestimmt.

Das unverstellbare Stromventil **13a** ist in einem Rohr **24a** untergebracht ist, das den Anschluss **12a** der Luftverteilereinrichtung **3** mit einem Anschluss **25a** einer weiteren Luftverteilereinrichtung **26** verbindet. Die Luftverteilereinrichtung **26** weist ferner einen Anschluss **27** auf, an den über ein Rohr **28** die Saugseite der Pumpe **5** angeschlossen ist.

Das unverstellbare Stromventil **13a** hat die Form ähnlich einer Venturidüse. Die Düse **13a** ist in Richtung auf die Fluidverteilereinrichtung **26** hin verschoben und es sind an

ihr insgesamt drei Abschnitte zu erkennen: Ein Einlaufabschnitt **29a**, eine Einschnürung **31a** sowie ein trichterförmiger Auslaufabschnitt **32a**. Der Einlaufabschnitt **29a** ist sehr viel kürzer als der Auslaufabschnitt **32a**. Außerdem gehen diese erwähnten Abschnitte glatt und verrundet ohne Sprünge ineinander über. Auf diese Weise kann im Bereich der Einschnürung **31a**, also an der schmalsten Stelle der Düse **12a**, eine kritische Strömung erzeugt werden. Diese kritische Strömung führt dazu, dass die beiden Seiten des Stromventils **12a** akustisch voneinander entkoppelt sind.

In Strömungsrichtung hinter der Düse **12a** befindet sich ein Absperrventil **33a**, das beispielsweise von einer Drosselklappe **34a** gebildet ist, die mittels einer Welle **35a** in dem Rohr **24a** schwenkbar gelagert ist. Die Betätigung des Absperrventils **33a** erfolgt durch einen nicht gezeigten Stellantrieb, der von der Steuer- und Messeinrichtung **21** gesteuert wird.

In Strömungsrichtung vor und hinter der Düse **12a** sind jeweils zwei Drucksensoren **36a** und **37a** angeordnet, die den Druck vor und hinter der Düse **12a** messen. Die beiden Drucksensoren **36a** und **37a** sind so gestaltet und angeordnet, dass sie den statischen Druck in der Luftströmung erfassen, um feststellen zu können, dass die Düse **12a** auch tatsächlich im kritischen Bereich mit Überschallströmung betrieben wird. Dieser Betriebspunkt manifestiert sich in einem bestimmten Mindestdruckabfall längs der Düse **12a**.

Parallel zu dem Rohr **24a** sind zwei weitere Rohre **24b** und **24c** angeordnet, die die Fluidverteilereinrichtung **3** mit der Fluidverteilereinrichtung **26** verbinden. Diese beiden weiteren Rohre **24b** und **24c** sind mit den beiden Luftverteilereinrichtungen **3** und **26** über entsprechende Anschlüsse **12b**, **12c** bzw. **25b**, **25c** verbunden. Die in den weiteren Rohren **24b** und **24c** enthaltenen Bauteile entsprechen konstruktionsmäßig den Bauteilen in dem Rohr **24a**, weshalb deren Bauteile mit derselben Dezimalzahl, ergänzt um den Buchstaben b bzw. c bezeichnet sind. Die Erläuterung, soweit sie im Zusammenhang mit den Bauteilen in dem Rohr **24a** gegeben ist, gilt auch für die anderen beiden Rohre **24b** und **24c**. Die Unterschiede bestehen darin, dass beispielsweise der Luftmengenstrom, der durch die Düse **13a** gelangen kann, ein anderer ist wie der in der Düse **13b**, wobei der Strom durch die Düse **13c** wiederum eine andere Größe hat. Beispielsweise ist eine Stufung möglich von  $1:2:4$ . Andere Stufungen sind ebenfalls möglich, beispielsweise  $1:1:2$ . Welche Stufung verwendet wird, richtet sich in erster Linie nach dem Bereich, der überdeckt werden soll und dem Verhalten der Bypasseinrichtung **4**.

Im Einzelnen ergibt sich die Dimensionierung der Düsen **13a**, **13b** und **13c** sowie der Bypasseinrichtung **4** aus der nachfolgenden Funktionsbeschreibung.

Die Einrichtung nach **Fig. 1** arbeitet folgendermaßen: Bevor der Prüfling **2** auf sein Verhalten hin untersucht wird, ist es zweckmäßig, die Einrichtung **1** selbst zu kalibrieren. Zu diesem Zweck wird das Rohr **7** mit Hilfe einer nicht gezeigten Absperrereinrichtung verschlossen und die Pumpe **5** in Gang gesetzt, die daraufhin eine Saugluftströmung erzeugt, d. h. es wird über den Einlaufrichter **14** Außenluft angesaugt. In dem Kalibrierbetrieb sind z. B. die beiden Absperrventile **33a** und **33b** geschlossen, während das Absperrventil **33c** geöffnet ist. Auf diese Weise wird entsprechend der Geometrie des unverstellbaren Stromventils **13c** ein Luftmengenstrom erzeugt. Dieser Luftmengenstrom ist von der Förderleistung der Pumpe **5** unabhängig, sobald sich in der Einschnürung **31c** eine kritische Strömung ausgebildet hat. Dies wird mit Hilfe der beiden Drucksensoren **36c** und **37c** erfasst. Zuzufolge dieser kritischen Strömung können sich auch Schwingungen, die in der Luftsäule durch die Pumpe **5** erzeugt werden, nur bis zu der Einschnürungsstelle **31a** in

der Düse 13c ausbreiten. Die Schwingungen können diese Grenze nicht überwinden und können sich folglich nicht bis in die Luftverteilereinrichtung 3 hin ausbreiten.

Da die von der Pumpe 5 geförderte Luftmenge strikt durch die Düse 13c begrenzt ist und diese Luftmenge bei gegebener Temperatur bekannt ist, lässt sich so die Luftmengenmessereinrichtung 20 kalibrieren, wenn das zugehörige Laminarflow-Element 22 einen linearen Betriebsbereich aufweist, in den die von der Düse 13c definierte Luftmenge fällt. Somit ist mit Hilfe des unverstellbaren Stromventils in Gestalt der Düse 13c eine Kalibrierung an mindestens einem Messpunkt der Luftmengenmessereinrichtung 19 möglich.

Für den Fall, dass der Messbereich des Laminarflow-Elementes 22 auch noch die Strömungsmenge umfasst, die beispielsweise von der Düse 13b erzeugt wird, kann eine Kalibrierung an einem zweiten Betriebspunkt erfolgen, indem das Absperrventil 33c geschlossen und das Absperrventil 33b geöffnet wird. Da auch die Düse 13b im kritischen Bereich betrieben wird, wird auf diese Weise ein definierter Luftmengenstrom in der Einrichtung induziert bzw. dem System aufgeprägt.

Nachdem auf diese Weise eine Kalibrierung stattgefunden hat, beginnt der eigentliche Messbetrieb, wozu die Verbindung zwischen der Luftverteilereinrichtung 3 und dem Prüfling 2 geöffnet wird. Zum Testen des Prüflings 2 im unteren Luftmengenbereich werden die Absperrventile 33a und 33b geschlossen, während das Absperrventil 33c geöffnet ist. Damit ist die Verbindung zwischen der Pumpe 5 und jenem unverstellbaren Stromventil 13c geöffnet, das die kleinste Luftmenge induziert.

Diese von der Pumpe 5 über die Düse 13c angesaugte Luft setzt sich aus zwei Luftströmungen zusammen, nämlich eine, die über den Prüfling 2 in die Fluidverteilereinrichtung 3 gelangt, und einen weiteren Luftstrom, der über die Bypasseinrichtung 4 kommt.

Durch Verstellen des Absperr- und Drosselventils 16, das als verstellbares Stromventil wirkt, kann der Strömungswiderstand in der Bypasseinrichtung 4 verändert werden. Je weiter das Stromventil 16 geöffnet ist, umso kleiner ist der Strömungswiderstand in der Bypasseinrichtung 4, d. h. umso mehr Luft wird über die Bypasseinrichtung 4 angesaugt und umso weniger Luft gelangt durch den Prüfling 2. Der Strömungswiderstand in der Bypasseinrichtung 4 hat auch bei völlig geöffnetem Absperr- und Drosselventil 16 eine endliche Größe. Die Strömung durch den Prüfling 2 kann durch Öffnen des Absperr- und Drosselventils 16 nicht bis auf null abgesenkt werden.

Da die von dem unverstellbaren Stromventil 13c aufgeprägte Luftmenge unabhängig von den Verhältnissen vor dem Einlauf 29c der Düse 13c konstant ist, ergibt sich die Größe des Luftmengenstroms durch den Prüfling 2 als Differenz zwischen dem Luftmengenstrom, der durch die Düse 13c vorgegeben ist, abzüglich dem Luftmengenstrom, der durch die Bypasseinrichtung 4 zuströmt. Die Menge des durch die Bypasseinrichtung 4 zuströmenden Luftstroms wird über das Laminarflow-Element 22 unter Zuhilfenahme des Differenzdruckmessers mit den beiden Sensoranschlüssen 20, 21 gemessen. Bei gegebenem Strömungswiderstand des Laminarflow-Elementes 22 ist die durch dieses Laminarflow-Element 22 strömende Luftmenge dem Druckabfall strikt proportional.

Um das Verhalten des Prüflings 2 bzw. seine Kennlinie bei größeren Luftmengenströmen zu erfassen, wird zunehmend das verstellbare Stromventil 16 geschlossen. Die Luftmenge, die über die Bypasseinrichtung 4 zuströmt, wird entsprechend kleiner. Bei vollständig geschlossenem Stromventil 16 ist die über den Prüfling 2 kommende Luftmenge gleich dem Durchsatz des unverstellbaren Stromventils in

Gestalt der kritisch betriebenen Düse 13c.

Da über die kritisch betriebene Düse 13c die Pumpe 5 akustisch abgekoppelt ist, kann ein vergleichsweise sehr schnelles Hinschwingen erreicht werden und außerdem können durch die Pumpe 5 in der Luftsäule zwischen der Düse 13c und dem Prüfling 2 keine Schwingungen erzeugt werden, die zu Messfehlern führen würden.

Zum Messen bei höheren Durchsätzen wird z. B. das Absperrventil 33c geschlossen und das Absperrventil 33b geöffnet. Durch Verstellen des verstellbaren Stromventils 16 kann ein unterschiedlich großer Luftmengenstrom über die Bypasseinrichtung 4 zuströmen bzw. entsprechend der Luftmengenstrom durch Prüfling 2 vermindert werden.

Eine noch größere Luftmenge lässt sich erreichen, wenn die beiden Absperrventile 33b und 33c geöffnet sind. Die größte Luftmenge wird erzielt, wenn sämtliche Absperrventile 33a bis 33c in der Offenstellung stehen.

Wenn die Luftmenge, die durch den Prüfling 2 strömt, wenn die By-Passeinrichtung 4 vollständig geöffnet ist, noch zu groß ist, kann zusätzlich in dem Rohr 7 zwischen dem Prüfling und dem Anschluss 6 ein weiteres verstellbares Stromventil 38 vorgesehen werden. Durch mehr oder weniger starkes Schließen dieses Stromventils 38 lässt sich die Luftmenge für den Prüfling 2 weiter drosseln, wobei die zusätzliche Luftmenge wie vorher durch die By-Passeinrichtung 4 eingesaugt und dort gemessen wird.

Fig. 2 zeigt ein elektrisches Ersatzschaltbild zur Veranschaulichung des Verhaltens der Einrichtung 1 nach Fig. 1. Das elektrische Ersatzschaltbild enthält zwei eingeprägte Stromquellen 41 und 42. Diese Stromquellen 41 und 42 entsprechen beispielsweise den beiden unverstellbaren Stromventilen in Gestalt der Düsen 13b und 13c. Über Schalter 43 und 44, die funktionsmäßig den Absperrventilen 33b und 33c entsprechen, kann der von den Stromquellen 41 und 42 erzeugte Strom wahlweise auf einen nichtlinearen Widerstand 45 gegeben werden. Dieser nichtlineare Widerstand 45 entspricht funktionsmäßig dem Prüfling 2.

Parallel zu dem Prüfling 2 in Gestalt des Widerstandes 45 liegt eine Serienschaltung aus zwei Widerständen 46 und 47. Von diesen symbolisiert der Widerstand 47 den verbleibenden Strömungswiderstand der Bypasseinrichtung 4, wenn das dort vorhandene verstellbare Stromventil 16 vollständig geöffnet ist. Der Widerstand 46 ist ein verstellbarer Widerstand, der theoretisch von unendlich auf null geregelt werden kann, wobei der Widerstand unendlich dem geschlossenen Stromventil 16 entspricht.

Beim Betrachten des Ersatzschaltbildes nach Fig. 2 wird klar, wie der Strom durch den Prüfling 2 gesteuert werden kann:

Es sei angenommen, dass der Schalter 43 geschlossen und der Schalter 44 geöffnet ist. Die Stromquelle 42 erzeugt einen eingepägten Strom, der von der äußeren Beschaltung unabhängig ist. Der Strom verzweigt sich an einem Schaltungsknoten 48 in einen Strom durch den Prüfling 45 sowie einen Strom durch die dem Prüfling 45 parallelgeschaltete Serienschaltung aus den Widerständen 46 und 47. Je kleiner der Widerstand des verstellbaren Widerstandes 46 eingestellt ist, umso kleiner ist der Anteil des Stroms aus dem eingepägten Strom, der durch den Widerstand (Prüfling) 45 fließt und umso größer ist der Strom, den die Bypasseinrichtung 4 in Gestalt der Serienschaltung der Widerstände 46 und 47 übernimmt. Umgekehrt wird der Strom durch den Prüfling 45 gleich dem von der Stromquelle 42 gelieferten eingepägten Strom, wenn der verstellbare Widerstand 46 auf seinen Maximalwert von unendlich eingeregelt ist.

Ohne Zuhilfenahme der weiteren eingepägten Stromquelle 41 lässt sich der Strom durch den Prüfling 45 zwischen einem Maximalwert entsprechend dem von der

Stromquelle 42 gelieferten Strom und einem Strom einregeln, der umgekehrt proportional dem Verhältnis der Widerstände 45 und 47 ist, wenn der einstellbare Widerstand 46 seinen theoretischen Kleinstwert von null annimmt.

Der Strommessbereich für den Prüfling 45 lässt sich erweitern, indem die weitere Stromquelle 41 durch Schließen des Schalters 44 parallel zugeschaltet wird oder, wenn die Stromquelle 41 einen höheren Strom liefert als die Stromquelle 42, der Schalter 44 geschlossen und der Schalter 43 geöffnet wird.

Aus dem Ersatzschaltbild nach Fig. 2 wird auch ersichtlich, wie die Stufung der Stromquellen 41 und 42 bzw. der testen Stromventile 13a bis 13c ausgestaltet wird. Die Bemessung ist zweckmäßigerweise so, dass in dem Prüfling 45 durch zwei unterschiedliche Einstellungen derselbe Strom erzeugt werden kann: Der Strom, der hervorgerufen wird, wenn der Schalter 44 geschlossen und der Schalter 43 geöffnet ist und gleichzeitig der Einstellwiderstand 46 seinen kleinsten Wert annimmt, muss gleich dem Strom sein, der durch den Prüfling 45 fließt, wenn der Schalter 43 geschlossen und der Schalter 44 geöffnet ist, während gleichzeitig der einstellbare Widerstand 46 auf den Widerstand unendlich eingestellt ist (Unter der Annahme  $I_{41} > I_{42}$ ). Bei einer anderen Dimensionierung würden Lücken im Überdeckungsbereich beim Umschalten bzw. Zuschalten der einzelnen Stromquellen 41, 42 entstehen, die den unverstellbaren Stromventilen in Gestalt der Düsen 13a bis 13c entsprechen.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel der neuen Einrichtung ist in Fig. 3 veranschaulicht.

Der wesentliche Unterschied zwischen dem Ausführungsbeispiel nach der Fig. 1 und dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 besteht darin, dass das Stromventil in Gestalt der Düse 13a nicht unverstellbar, sondern verstellbar gestaltet ist, und zwar so, dass über einen Verstellbereich immer eine kritische Strömung zu erreichen ist. Zu diesem Zweck ist in dem Inneren der Düse 13a ein Drosselkegel 51 konzentrisch angeordnet, der mit Hilfe eines Stellantriebs 52 axial verstellt werden kann. Dadurch lässt sich der effektive Querschnitt der Düse 13a verändern. Allerdings ist nur in einem begrenzten Verstellbereich jeweils eine kritische Luftströmung zu erzielen. Um den Betriebsbereich nach oben und nach unten zu erweitern, sind weitere nicht verstellbare Stromventile in Gestalt der Düsen 13b und 13c sowie die Bypasseinrichtung 4 vorgesehen. Durch Verändern der Lage des Drosselorgans 51 lässt sich die Luftmenge durch den Prüfling 2 zusätzlich zu der Verstellung der Bypasseinrichtung 4 einregeln.

Wenn in den zulässigen Betriebsbereich der verstellbaren Düse 13a die Größe des Luftmengenstromes fällt, der durch die unverstellbaren Düsen 13b und 13c hervorgerufen wird, kann unter Umständen bei entsprechender Dimensionierung des Laminarflow-Elementes 22 auch die verstellbare Düse 13a an wenigstens einem Betriebspunkt kalibriert werden. Die Kalibrierung geschieht, indem bei verschlossenem Rohr 7 z. B. von der Düse 13c auf die Düse 13a umgeschaltet und das Drosselorgan 51 solange verstellt wird, bis die Luftmengenmessenrichtung 19 der Bypasseinrichtung 4 dasselbe Signal liefert, unabhängig davon, ob die Düse 13a oder die Düse 13c eingeschaltet ist.

Ein Vorteil der beschriebenen Einrichtung besteht darin, dass die Luftmengenmessenrichtung 20 nur für einen Teil der Luftmenge des Prüflings 2 dimensioniert werden muss, mit der der Prüfling 2 maximal zu beaufschlagen ist. Sie kann entsprechend genauer arbeiten.

Eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Fluidstroms mit einem vorgebbaren Mengenstrom zum Untersuchen eines Prüflings weist eine Pumpe auf, mit deren Hilfe in einer Düse eine kritische Luftströmung erzeugt werden kann. Auf

der von der Pumpe abliegenden Seite der Düse verzweigt sich der Fluidstrom in einen Strom durch den Prüfling und einen weiteren Strom durch eine verstellbare Bypasseinrichtung, die eine Fluidmengenmessenrichtung enthält.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Erzeugung eines Fluidstroms mit einem vorgebbaren Mengenstrom (Volumen oder Masse), der zum Testen eines Prüflings (2) durch diesen zu leiten ist, mit wenigstens einer Fluidpumpe (5) mit einer Fluidverzweigungseinrichtung (3), die einen ersten, einen zweiten und einen dritten Anschluss (6, 11, 12) aufweist, von denen der erste zum Anschluss (6) des Prüflings (2) vorgesehen ist, mit einer By-Passeinrichtung (4), die strömungsmäßig zu dem Prüfling (2) parallel liegt und die an den zweiten Anschluss (11) der Fluidverzweigung (3) angeschlossen ist, und mit wenigstens einem unverstellbaren zwei Anschlüsse aufweisenden Stromventil (13), das strömungsmäßig zwischen der Fluidpumpe (5) und dem dritten Anschluss (12) der Fluidverzweigungseinrichtung (3) liegt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die By-Passeinrichtung (4) ein verstellbares Stromventil (16) enthält.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe (5) eine Saugpumpe ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe (5) eine Druckpumpe ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid Gas, insbesondere Luft, ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Prüfling (2) mit der freien Atmosphäre verbunden ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidverzweigungseinrichtung (3) wenigstens einen weiteren Anschluss (12b, 12c) enthält, dass zwischen dem den wenigstens einen weiteren Anschluss (12b, 12c) und der Pumpe (5) ein weiteres Unverstellbares Stromventil (13b, 13c) liegt und dass für jedes Unverstellbare Stromventil (13b, 13c) ein Abschaltmittel (34b, 34c) vorgesehen ist, um den Strömungsweg durch das jeweilige Stromventil (13b, 13c) wahlweise abzusperren.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidverzweigungseinrichtung (3) mehrere weiter erhält, das Anschluss (12b, 12c) und der Pumpe (5) ein weiteres unverstellbares Stromventil (13b, 13c) liegt und dass für jedes Stromventil (13b, 13c) ein Abschaltmittel (34b, 34c) vorgesehen ist, um den Strömungsweg durch das jeweilige Stromventil (13b, 13c) wahlweise abzusperren.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Unverstellbaren Stromventile (13) derart gestalten sind, dass sie einen Betriebszustand mit kritischer Strömung ermöglichen.
10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwei unverstellbare Stromventile (13) Vorhanden sind, die die gleiche Durchlassmenge aufweisen.
11. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwei unverstellbare Stromventile (13a, 13c) vorhanden sind, deren Durchlassmengen im Verhältnis von bis zu 1 zu 2 stehen.
12. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, dass das wenigstens eine verstellbare Stromventil (16) einen Verstellbereich aufweist, der wenigstens gleich der Differenz zwischen den Durchlassmengen zweier unverstellbarer Stromventile (13) ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine verstellbare Stromventil (16) eine maximale Durchlassmenge aufweist, die größer als die Durchlassmenge desjenigen unverstellbaren Stromventils (13) ist, das die kleinste Durchlassmenge aufweist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine verstellbare Stromventil (16) einen Verstellbereich aufweist, der wenigstens gleich dem Doppelten der Durchlassmenge desjenigen nicht verstellbaren Stromventils (13) ist, das die kleinste Durchlassmenge aufweist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das verstellbare Stromventil (16) in die freie Atmosphäre führt.

16. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Serie mit der By-Passeinrichtung (4) oder dem Prüfling (2) eine Mengenstrommesseinrichtung (19) angeordnet ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Mengenstrommesseinrichtung (19) von einem Laminarflow-Element (22) und einer Differenzdruckmesseinrichtung (20, 21) gebildet ist, mit der der Druckabfall an dem Laminarflow-Element (22) messbar ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Mengenstrommesseinrichtung (19) von einem thermoelektrischen Luftmassenmesser gebildet ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Strömungsrichtung vor dem Prüfling (2) ein Filter (9) angeordnet ist.

20. Vorrichtung zur Erzeugung eines Fluidstroms mit einem vorgebbaren Mengenstrom (Volumen oder Masse), der zum Testen eines Prüflings (2) durch diesen zu leiten ist,

mit wenigstens einer Fluidpumpe (5),

mit wenigstens einem verstellbaren Stromventil (13a), das strömungsmäßig zwischen der Fluidpumpe (5) und dem Prüfling (2) liegt und das derart gestaltet ist, dass es in einem Betriebsbereich einen Betriebszustand mit kritischer Strömung ermöglicht.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine Fluidverzweigungseinrichtung (3) vorhanden ist, die einen ersten, einen zweiten und einen dritten Anschluss (6, 11, 12) aufweist, dass der erste Anschluss (6) mit dem Prüfling (2) verbunden ist, dass mit dem zweiten Anschluss (12a) das verstellbare Stromventil (13a) verbunden ist und dass zwischen dem dritten Anschluss (12b) und der Pumpe (5) ein weiteres unverstellbares Stromventil (13b) liegt, das derart gestaltet ist, dass es einen Betriebszustand mit kritischer Strömung ermöglicht.

22. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine Fluidverzweigungseinrichtung (3) vorhanden ist, die einen ersten, einen zweiten und einen dritten Anschluss (6, 11, 12) aufweist, dass der erste Anschluss (6) mit dem Prüfling (2) verbunden ist, dass mit dem dritten Anschluss (12a) das verstellbare Stromventil (13a) und mit dem zweiten Anschluss (11) eine By-Passeinrichtung (4) verbunden ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine weitere nicht verstellbare Stromventil (13b) eine Durchlassmenge auf-

weist, die gleich der kleinsten einstellbaren Durchlassmenge des verstellbaren Stromventils (13a) ist, bei der das verstellbare Stromventil (13a) mit kritischer Strömung arbeitet.

24. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe (5) eine Saugpumpe ist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe (5) eine Druckpumpe ist.

26. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid ein Gas, insbesondere Luft, ist.

27. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Prüfling (2) mit der freien Atmosphäre verbunden ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---



- Leerseite -

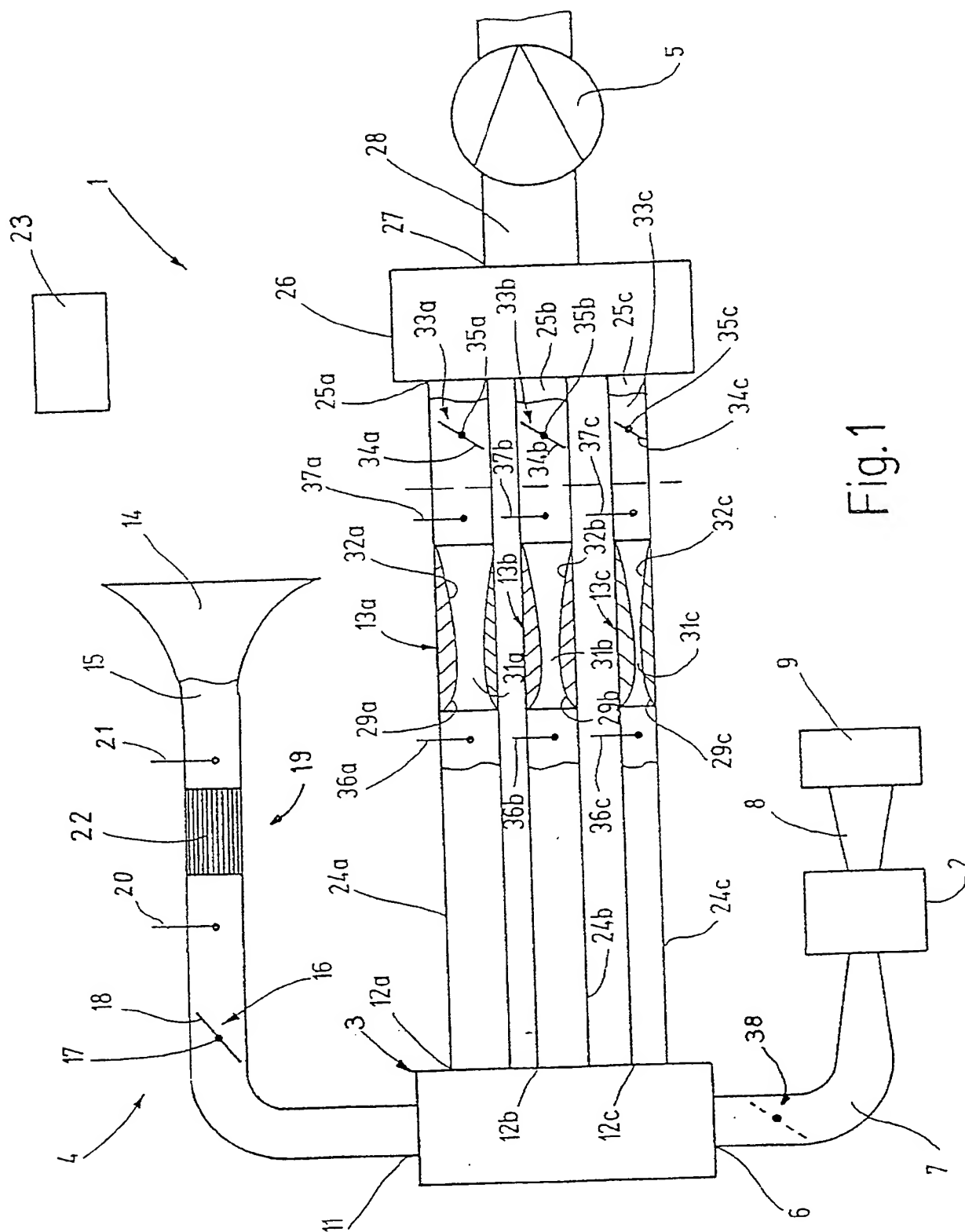


Fig. 1

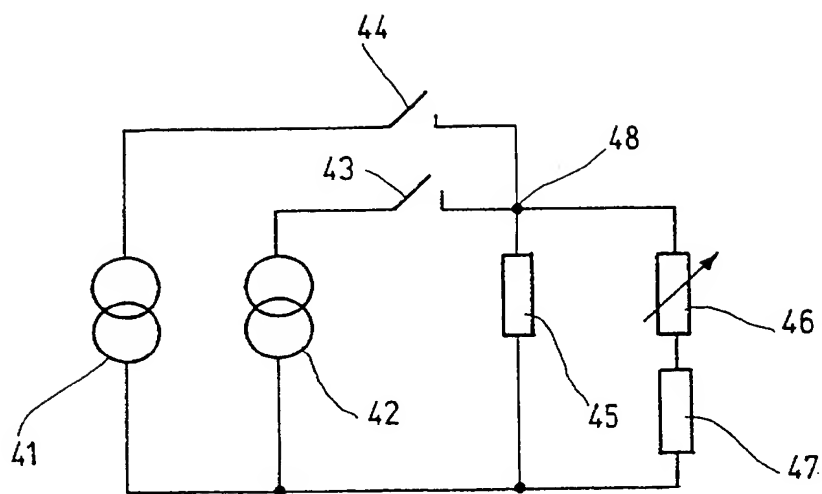


Fig. 2

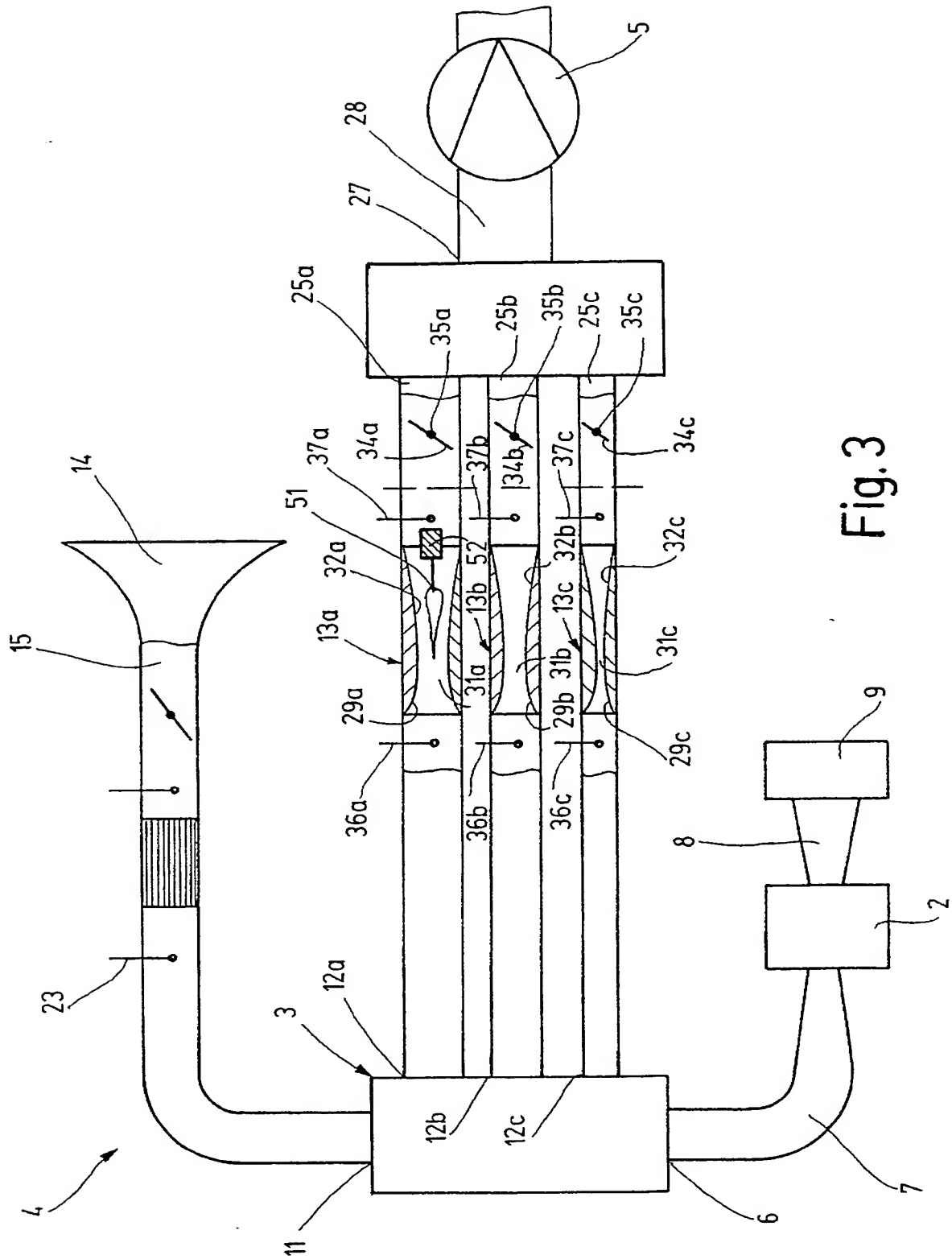


Fig. 3